

Є. Г. Іваник<sup>1</sup>  
Я. Ю. Коляно<sup>2</sup>  
О. В. Сікора<sup>3</sup>

## ВИВЧЕННЯ ТЕРМОПРУЖНИХ ПРОЦЕСІВ В АНІЗОТРОПНИХ ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ, ОБУМОВЛЕНИХ ДІЄЮ РУХОМИХ ЛОКАЛЬНО РОЗПОДІЛЕНИХ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ

<sup>1</sup>Науковий центр сухопутних військ Національна академія Сухопутних  
військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

<sup>2</sup>Українська академія друкарства

<sup>3</sup>Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка

### Анотація

Об'єктом досліджень є термопружні процеси в анізотропних елементах конструкцій внаслідок зовнішнього теплового впливу рухомих локально розподілених теплових потоків. Знайдено розподіл температури і обумовлених нею квазістаціонарних напружень залежно від виду змінного теплового джерела і способу нагріву

**Ключові слова:** військова техніка і озброєння, фрикційне теплоутворення, температура, анізотропія, теплові джерела

### Abstract

The object of this study is thermoelasticity processes in anisotropic construction elements into account external heat action of moving local distributing heat flows. The distribution of temperature and accounting quasistationary stresses depend of form variable heat source and mode heating is made

**Keywords:** military equipment, frictional heating, temperature, anisotropy, heat sources

Розвиток вітчизняного оборонно-промислового комплексу є неперервним процесом, спрямованим на створення якісно нових зразків озброєння з покращеними бойовими властивостями; водночас запуск у серійне виробництво більш потужніших модернізованих зразків озброєння є можливим лише завдяки активному залученню інноваційних технологій у тісному сполученні з науково обґрунтованими розрахунковими методами вивчення відповідних фізико-технічних процесів.

Питання надійності і довговічності, стабільного функціонування систем озброєння та військової техніки тісно пов'язані з зовнішніми умовами, в яких вони перебувають в процесі експлуатації. Одним з головних чинників, який визначає більшість технологічних процесів, є фактор температури і високого тиску. Виготовлення, експлуатація і обробка

елементів та деталей сучасних машин або інженерних конструкцій відбувається за умов дії і використання джерел локалізованого термомеханічного навантаження різної природи. При роботі рухомих елементів машин, що перебувають в умовах тертя або при обробці деталей з використанням триботехнічних пристроїв, зокрема фрикційному зміцненні, виникають значні локальні механічні навантаження, які в свою чергу, обумовлюють генерування тепла на поверхнях контакту. Локалізація термомеханічної дії в зонах контакту трибоелементів обумовлена їх конструктивними особливостями, умовами експлуатації та обробки. При наявності сил тертя у контактуючих тілах виникають значні напруження від безпосередньо механічного притискального навантаження і обумовленого тертям нестационарного тепловиділення. Оцінку температури та рівня напружень в зоні контакту при різного роду фрикційних процесах можна визначити лише розрахунковим шляхом на основі відповідної математичної моделі.

Задачі переносу тепла тепловими джерелами (рухомими або нерухомими), які діють по поверхні пружного півпростору, мають важливе практичне застосування при дослідженні технологічних процесів шліфування, зварювання, механічної і термічної обробки матеріалів, а також трибологічне застосування стосовно фрикційного зміцнення деталей елементів конструкцій широкого промислового спектру. Важливого значення при цьому, поряд з визначенням температурного поля і обумовлених ним температурних напружень, має також визначення термічного викривлення профілів поверхні, що є невід'ємною складовою аналізу контактних задач термопружності і теплових задач тертя в умовах, коли тепло генерується в області співдотику тіл. Характерною особливістю задач термомеханіки є врахування механічних і теплових явищ, а також анізотропії фізико-механічних характеристик матеріалів.

Температурні поля і напруження в тілах з розривними граничними умовами теплообміну отримано головним чином для однорідних ізотропних тіл, що нагріваються нерухомими зонами локального термічного впливу [1]. Методи розв'язування задачі теплопровідності і термопружності для квазістационарного режиму ізотропних і ортотропних тіл, які нагріваються рухомою областю нагріву, незважаючи на те, що вони активно використовуються в багаточисельних, відомих донині працях, не втрачають своєї актуальності та потребують додаткових досліджень і подальшого розвитку [2, 3].

В роботі розглянуто ортотропний півпростір, що знаходиться в умовах плоскої деформації, і нагрівається в полосовій області граничної поверхні тепловим потоком змінної інтенсивності. Поза областю нагрівання гранична поверхня теплоізолювана; ставиться задача визначення в розглядуваній системі розподілу температурного поля та

обумовленого напружено-деформованого стану. Розв'язок відповідної краєвої задачі теплопровідності отриманий з використанням інтегральних перетворень Лапласа по часу і Фур'є по координаті; для рухомого теплового потоку розв'язок подано у вигляді скінченного інтеграла, яке містить ядро, що визначає температуру в теплоізолюваному ортотропному півпросторі від дії джерела тепла одиничної потужності; компоненти тензора напружень визначаються через функцію напружень. На основі отриманих залежностей досліджено квазістаціонарні процеси, зумовлених контактною взаємодією деформівних тіл з урахуванням фрикційного теплоутворення; отримані результати спрямовані на вирішення проблем механіки локальної контактної взаємодії термопружних тіл.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коляно Ю. М. Методы теплопроводности и термоупругости неоднородного тела / Ю. М. Коляно. – К. : Наук. думка, 1992. – 280 с.
2. Коляно Ю. М. Температурные напряжения от объемных источников / Ю. М. Коляно, А. Н. Кулик А. Н. – К. : Наук. думка, 1983. – 288 с.
3. Свириденко А. И. Механика дискретного фрикционного контакта / А. И. Свириденко, С. А. Чижик, М. И. Петроковец. – Минск : Наука і техника, 1990. – 272 с.

*Іваник Євгеній Григорович*, кандидат фізико-математичних наук, доцент, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Наукового центру сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, e-mail: dedykto@ukr.net.

*Коляно Ярослав Юрійович*, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри математики і фізики (секція математики), Українська академія друкарства, м. Львів, e-mail: pryplotska\_m.@ukr.net

*Сікора Оксана Володимирівна*, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інформатики та обчислювальної математики, Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка, м. Дрогобич, e-mail: sikora60@ukr.net

*Eugene Ivanyk*, Ph. D., associate professor, leading of scientific worker of Scientific Center of the Army National Academy named after hetman Petro Sahaidachnyi, Lviv, e-mail: dedykto@ukr.net.

*Yaroslav Kolyano*, Ph. D., associate professor, assistant professor of chair of mathematic and physics (section of mathematic), Ukrainian Academy of printing, e-mail: pryplotska\_m.@ukr.net.

*Oksana Sikora*, Ph. D., associate professor, chair of department of informatics and compute mathematics, Drohobych State pedagogical university, Drohobych, e-mail: sikora60@ukr.net